

Ismo Anttonen

Aurinkosähköjärjestelmät

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

26.4.2015

Tekijä Otsikko	Ismo Anttonen Aurinkosähköjärjestelmät
Sivumäärä Aika	32 sivua + 1 liite 26.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Yksikönpäällikkö Ville Vilska Yliopettaja Jarno Varteva
<p>Tässä insinöörityössä tutkittiin, mitä on otettava huomioon, kun Suomeen rakennetaan aurinkosähköjärjestelmä. Työ koostuu kolmesta eri osiosta: aurinkosähköjärjestelmän teoriasta, aurinkosähköjärjestelmät käytännössä sekä järjestelmän elinkaaresta.</p> <p>Työssä on tutustuttu aurinkosähkön perusteisiin ja selvitettiin auringosta saatavan energian määrää Suomessa sekä järjestelmän eri komponenttien toimintaan. Komponenttien toiminnassa käytiin läpi erilaiset vaihtoehdot ja niiden erot järjestelmän toiminnassa.</p> <p>Järjestelmän rakentamisessa Suomessa tutkittiin erilaisia asennustapoja sekä niiden vaikutusta järjestelmän valintaan ja mitoitukseen. Kannattavuuslaskelmat perustuivat esimerkkijärjestelmään ja laskelmissa pyrittiin vertailemaan erilaisia vaihtoehtoja, jotka vaikuttavat kannattavuuteen Suomessa.</p> <p>Aurinkosähköjärjestelmän ylläpitoa tutkittiin selvittämällä, mitä järjestelmä vaatii elinkaarensa aikana, ja miten järjestelmää tulisi huoltaa, jotta sen tuottavuus ja kustannukset pysyisivät arvioiduissa määrissä.</p> <p>Lisäksi pohdittiin järjestelmän kannattavuutta, sekä mitkä asiat vaikuttaisivat järjestelmien yleistymiseen. Hintojen aleneminen sekä hyötysuhteen paraneminen lisääisivät kannattavuutta ja tulevan veromuutoksen aiheuttama kannattavuuden paraneminen todetaan suurimpana tekijänä yleistymiseen. Nykyään järjestelmät eivät maksa investointia takaisin, mutta ilman veroja järjestelmät ovat juuri ja juuri kannattavia.</p>	
Avainsanat	aurinkosähkö, aurinkosähkön kannattavuus, verotusmuutos

Author Title	Ismo Anttonen Solar Power Systems
Number of Pages Date	32 pages + 1 appendix 26 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Ville Vilska, Manager Jarno Varteva, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to find out what needs to be considered when building a solar power system in Finland. This thesis consist of three different parts which are theory of solar power, solar power in practice and life of solar power system.</p> <p>The basics of solar power were acquainted with and how much it is possible to get solar energy in Finland was clarified. Also how solar systems' components operate. Options in the solar systems components and their difference in the system was clarified.</p> <p>Building solar system in Finland was researched different ways in installations their effect in systems choosing and sizing. Profitability calculations were based on example solar system and calculations tried to compare different alternatives that affect the profitability of solar system in Finland.</p> <p>Maintenance of solar system was researched by finding out what system needs in its lifecycle and how it is supposed to service so that the productivity and costs keeps in the approximated quantity.</p> <p>At the end, the solar power systems profitability in Finland and how solar systems become more common is discussed. Prices getting lower and efficiency getting higher are the things that increase profitability. Coming change of taxing is the biggest thing to make systems more common. Nowadays systems are not paying the investment back but without taxes systems become just profitable.</p>	
Keywords	solar power, solar power profit, change of taxing

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Aurinkosähköjärjestelmän perusteet	2
2.1	Aurinkosähkön tuottaminen	2
2.2	Aurinkosähköjärjestelmän tekniikka	4
3	Aurinkosähköjärjestelmä käytännössä	9
3.1	Aurinkosähköjärjestelmän valintaan vaikuttavat tekijät	9
3.1.1	Aurinkosähköjärjestelmän tilan tarve ja asennustekniikka	9
3.1.2	Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus	11
3.1.3	Aurinkosähköjärjestelmien saatavuus	13
3.2	Aurinkosähköjärjestelmän viranomaisvaatimukset ja lupa-asiat	14
3.3	Aurinkosähköjärjestelmien markkinat	15
3.4	Aurinkosähkön verotus	17
3.5	Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus	19
4	Aurinkosähköjärjestelmän elinkaari	27
4.1.1	Huoltotoimenpiteet	27
4.1.2	Aurinkosähköjärjestelmän laajennus	29
5	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. 200 W aurinkopaneeli	

1 Johdanto

Tämä Are Oy:lle tehty insinööritoimisto käsittelee aurinkosähköjärjestelmien rakentamista Suomessa. Työn pääpainona on käytännön sovellukseen perehtyminen ja selvittää, mitä järjestelmien rakentamisessa ja ylläpidossa on otettava huomioon erityisesti isommissa yli 50 kW:n järjestelmissä. Urakointiliikkeenä Are Oy haluaisi hyödyntää insinööritoimistoa helpottaakseen aurinkosähköjärjestelmien myyntiä asiakasyrityksille, ja siksi työssä pohditaan erityisesti järjestelmien kannattavuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä sekä selvitetään rakentamiseen vaikuttavat määräykset.

Teoriaosuudessa selvennetään lyhyesti, kuinka auringon säteilyenergia saadaan muuttetuksi sähköksi, ja mitkä asiat vaikuttavat saatavan säteilyn määrään. Aluksi käsitellään maapalloon kohdistuvasta auringon säteilystä ja sen määrästä ja selitetään lukijalle lyhyesti, miten eri asiat vaikuttavat maan pintaan tulevaan säteilymäärään. Teknisessä teoriaosuudessa perehdytään eri laitteistoihin ja niiden eroihin. Tarkoituksena on ymmärtää laitteistojen erot ja osata valita käyttöön sopivat komponentit.

Käytännön osiossa perehdytään järjestelmien rakentamiseen suunnittelusta alkaen. Tarkoituksena on selvittää tarkasti, mitkä asiat vaikuttavat järjestelmien mitoittamiseen ja itse asennuksiin, jotta järjestelmästä saataisiin mahdollisimman kustannustehokas. Lisäksi perehdytään Suomen lainsäädäntöön aurinkosähköjärjestelmien rakentamiseen liittyvissä asioissa sekä oman energiatuotannon verotukseen ja pohditaan näiden vaikutusta järjestelmien kannattavuuteen.

2 Aurinkosähköjärjestelmän perusteet

2.1 Aurinkosähkön tuottaminen

Aurinkosähkön tuottamisessa hyödynnetään auringon säteilyenergiaa, jossa säteilyenergian kuljetinhiukkaset, fotonit, luovuttavat aurinkopaneeliin osuessaan energiansa paneelin materiaaleihin. Paneelit tuottaa tasasähköä ja se muunnetaan tarvittaessa vaihtosähköksi erillisellä vaihtosuuntaajalla eli invertterillä.

Aurinkopaneelien hyötysuhde on nykyään noin 10 - 15 % riippuen valmistajasta. Tämä tarkoittaa, että 10 - 15 % paneeliin osuvasta säteilystä saadaan muutettua sähköenergiaksi. Lisäksi hyötysuhteeseen vaikuttaa järjestelmän muut komponentit, jotka omalta osaltaan lisäävät häviöitä. [1.]

Aurinko säteilee maapallon yläilmakehään voimakkuudella $1\,368\text{ W/m}^2$, mutta maan pinnalla säteily on vain noin 60 % maapallon pinnalla olevasta säteilystä eli säteily heikkenee voimakkuuteen $1\,000\text{ W/m}^2$. Säteilyn heikkenemiseen on syynä ilmakehän kaasut, esimerkiksi vesihöyry. Pilvisellä säällä maanpinnalle tuleva säteily on hajasäteilyä, mutta tämän vaikutus aurinkosähkön tuottoon on hyvin pieni verrattuna kirkkaan sään suoraan aurinkosäteilyyn. [2.]

Saatavan sähkön määrä riippuu olennaisesti paikasta, johon paneelit sijoitetaan sekä suuntauksesta. Mitä enemmän auringon säteilyä paneeliin osuu, sitä enemmän se tuottaa sähköä.

Taulukossa 1 on Vantaalla ilmatieteenlaitoksen mittaama pystypinnoille saatu auringon kokonaissäteilyenergian määrä, joka sisältää suoran säteilyn sekä hajasäteilyn.

Taulukko 1. Auringon kokonaissäteilyenergia eri ilmansuuntiin osoittaville pystypinnoille [3]

Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnalle eri ilmansuuntiin suunnattuna vyöhykkeillä I ja II (Vantaa), kWh/m ²								
Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	5	5	5,9	11,1	14,1	11,1	5,8	5
Helmikuu	14,1	14,3	20,7	35,1	43,8	34,8	20,6	14,3
Maaliskuu	40,5	42,9	60,3	86,1	97,8	80,6	55,6	41,9
Huhtikuu	41,5	57,4	86,4	106,8	110,1	107,4	87,4	58,1
Toukokuu	57,4	85,2	119,8	128,3	118	122,9	112,5	79,9
Kesäkuu	70,7	91,4	116,5	114,1	102,9	115,5	118,7	93
Heinäkuu	66,5	95,4	127	128,5	117,5	133,9	130,6	95,1
Elokuu	47,8	67,9	98,8	111,6	102,7	98,4	86	63
Syyskuu	29	37,1	61,8	89	103,1	92	64,3	37,5
Lokakuu	13,2	13,5	19,3	30,2	38,1	31,9	20,5	13,6
Marraskuu	5,1	5,1	6,7	13,6	17,5	13,6	6,7	5,1
Joulukuu	3,2	3,2	3,8	9,3	12,5	9,8	4,1	3,2
Koko vuosi	478,5	640,8	895,4	1133,2	878,1	851,9	712,8	509,7

Aurinkopaneeliin saatavaa säteilyn määrää saadaan lisättyä, kun paneeli kallistetaan siten, että auringon säteily osuu kohtisuoraan paneelin pintaan. Koska auringon korkeus kuitenkin vaihtelee päivän aikana sekä vuodenajasta riippuen, kallistetaan paneeli yleensä 35 - 45 °:een kulmaan. Tällöin tuotanto saadaan tasaisemmaksi, mutta kuitenkin tehokkaaksi. Mitä pystymässä paneelit ovat, sitä tasaisempi on vuosituotanto ja vastaavasti loivempi kulma parantaa keskikesän huipputuotantoa. [1.]

Taulukon 2 kallistetuille pinnoille tulevaa säteilyä verrattaessa taulukon 1 (ks. ed. s.) pystypinnoille tulevan säteilyn määrään nähdään kulman muutoksen vaikutus. Voidaankin siis todeta, että kallistetulla paneelilla saadaan huomattavasti enemmän energiaa kuin pystypintaan. Paneelin oikea kulma riippuu paikasta, sillä eri leveyspiireillä aurinko paistaa eri kulmassa. Mitä lähempänä päiväntasaajaa ollaan, sitä korkeammalta aurinko paistaa ja pidempää. Tämän takia Suomessa ei aurinkoenergiaa saada läheskään yhtä paljon kuin vaikkapa Afrikassa.

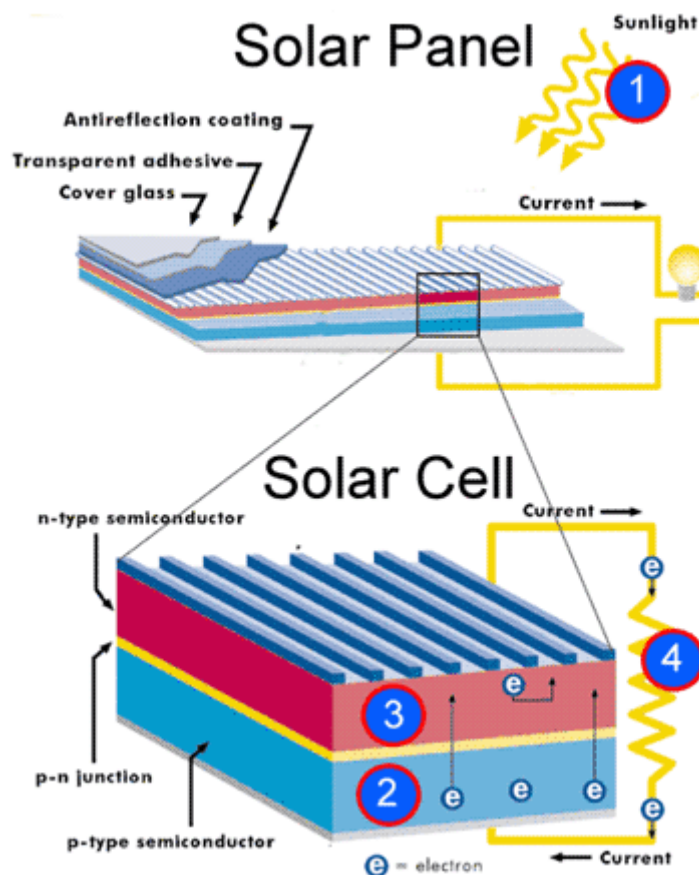
Taulukko 2. Kokonaissäteilyn määrä 45 °:n kulmaan kallistetulle pinnalle [4]

Auringon kokonaissäteilyenergia 45 astetta kallistetulle pinnalle eri ilmansuuntiin suunnattuna vyöhykkeillä I ja II (Vantaa), kWh/m ²								
Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	5,2	5,2	6,2	10,7	13,1	10,7	6,3	5,2
Helmikuu	15,4	15,8	23,5	37,3	44,3	36,8	22,6	15,6
Maaliskuu	38,1	44,4	66,3	94,9	106,7	90,3	63,1	42,5
Huhtikuu	51,5	73,7	108,8	143,4	154,9	142,7	114,3	72,8
Toukokuu	71,8	106,9	148,9	178,3	183	171,8	147,3	100,3
Kesäkuu	91,9	115,2	148	163,6	167,6	168,4	156,1	120,2
Heinäkuu	83	117,4	156,1	183,6	189,8	187,5	169,1	117,6
Elokuu	60	87,2	123,3	150,5	152,1	136,9	113,7	78,7
Syyskuu	34,8	47,1	76,2	110,8	126,9	112,3	81,3	46,9
Lokakuu	17,1	18,1	25,6	37,2	44,3	38,7	26,9	18,5
Marraskuu	6,2	6,2	8	14	17	13,9	8,1	6,2
Joulukuu	3,6	3,6	4,2	8,8	11,2	9,1	4,6	3,6
Koko vuosi	478,5	640,8	895,4	1133,2	1210,9	1119,1	913,4	628,1

2.2 Aurinkosähköjärjestelmän tekniikka

Aurinkosähköä tuotetaan aurinkopaneelijärjestelmällä, joka koostuu aurinkopaneeleista ja akustosta tai invertteristä sekä näiden yhdistelmästä riippuen käyttötarkoituksesta. Aurinkopaneeli koostuu useista kennoista, jotka on kytketty sarjaan sekä rinnan halutun jännitteen mukaan. Aurinkokenno rakentuu kahdesta tasaisesta puolijohdekerroksesta. Puolijohdekerrokset on erotettu rajapinnalla ja toinen puoli on n-tyyppinen ja vastakkainen puoli p-tyyppinen puolijohde. Kennoihin muodostuu sisäinen sähkökenttä kerrosten yli, kun elektronit kasaantuvat toiselle puolelle jättäen aukkoja toiselle puolelle.

Kuvassa 1 esitetään edellä mainitun kennon rakenne. Kuvassa auringonsäteily osuu paneelin pintaan muodostaen sähkökentän paneelin elektronien avulla.



Kuva 1. Aurinkopaneelin periaatekuva [6]

Raaka-aineena aurinkopaneeleissa käytetään nykyään joko yksikiteistä, monikiteistä tai amorfista piitä. Yksikiteinen ja monikiteinen pii eroavat käytännössä hyvin vähän toisistaan, mutta yksikiteisen piin valmistaminen on huomattavasti kalliimpaa valmistaa prosessin hitauden ja huolellisen työn takia. Monikiteinen pii valmistetaan valamalla toisin kuin yksikiteinen ja atomien paikka kiteessä ei ole yhtä järjestelmällinen yksikiteiseen verrattuna. Yksikiteisestä piistä tehdyt paneelit ovat kuitenkin jo pitkään olleet yleisin paneelityyppi.

Ohutkalvopaneeleissa käytetään amorfista piitä, koska täydellisestä atomien epäjärjestyksestä johtuen siitä voidaan höyrystämällä muodostaa hyvin ohut valoa läpäisevä absorboiva kerros ja piitä tarvitaan hyvin vähän.

Aurinkopaneeleilla haluttu jännitetaso on yleensä kaksitoista voltia, jolloin kennoja kytetään sarjaan 30 - 36 kappaletta. Tällä tavoin aurinkopaneelilla voidaan ladata suoraan akkuja. Akkuja käytetään yleensä pienemmissä järjestelmissä, kuten kesämökien sähköistykseen, mutta myös isompiin järjestelmiin niitä on asennettu tasaamaan tehon tarvetta. Koska akkujen varauksen ei haluta purkautuvan paneelien kautta on akkujen ja paneelien välille asennettava estosuuntainen diodi. Lisäksi omavaraisen akkujärjestelmään on asennettava ohjausyksikkö säätelemään akustolle menevää latausjännitettä.

Akkutypeistä yleisimmin käytetty on paikalliskäyttöön suunniteltu lyijyaku sen halvan hankintahinnan takia. Nämä akut ovat suunniteltu kestämaan useita syväpurkauksia, joten ne soveltuvat hyvin aurinkosähköjärjestelmän tuottaman energian varastointiin. Isommissa järjestelmissä energiavarastoinnin investointikustannukset akkuja hyödyntämällä ovat erittäin suuret hyötyyn nähden, ja tästä syystä järjestelmät pyritään mitoittamaan siten, että kaikki tuotettu energia menee suoraan omaan käyttöön. [5. s.120 - 130.]

Sähköenergian halvempi ja tehokkaampi varastointi aurinkosähköjärjestelmissä tekisi järjestelmien hyötysuhteesta parempia ja siksi nykyisten akkujen tilalle yritetään kehittää entistä parempia akkuja sekä vaihtoehtoisia järjestelmiä. Tuotetun energian varastoinnilla pystyttäisiin tasamaan tuotannon ja kulutuksen eroa ja saataisiin näin paremmin hyöty laitteistosta. Yksinkertainen tapa on pumpata vettä ylös altaaseen ylimääräisellä sähköllä, jota tuotetaan keskipäivän huipputehon aikaan, kun yleinen kulutus on pieni. Iltaa kohden aurinkosähköjärjestelmän tuotto pienenee ja vastaavasti kulutus nousee. Tällöin vettä juoksutetaan alas generaattoriin, joka muuntaa energian takaisin sähköksi.

Aurinkopaneeleilla tuotettu tasasähkö on muutettava vaihtosuuntaajalla eli invertterillä, jotta sähköä voitaisiin hyödyntää sähköverkossa olevaan sähköjärjestelmään. Inverttereitä on kolmea eri tyyppiä: kanttiaalto, modifioitu siniaalto sekä siniaalto.

Kanttiaaltoinvertteri muodostaa nimensä mukaisesti kanttiaaltojännitettä, jossa jännite on puolet ajasta 230 V ja puolet ajasta -230 V. Kanttiaallon huono puoli on se, että jännite-ero on 460 V.

Modifioitu siniaaltoinvertteri muodostaa kanttiaaltoa, jonka reunoja on pyöristetty ja muistuttaa hieman siniaaltoa. Modifioitu siniaalto aiheuttaa suuria häviöitä, ja siksi sitä ei juurikaan käytetä.

Siniaaltoinvertteri muodostaa siniaaltoa, jota 50 Hz:n taajuudella käytetään sähköverkossa. Siniaaltoinverttereiden hyötysuhde on noin 90 %, mikä on erittäin hyvä. Hyvään hyötysuhteeseen vaikuttaa invertterin oikeanlainen kotelointi, joka estää komponenteista tulevan häiriön pääsemiseen häiriölle haitallisiin komponentteihin. Koteloinnin haittapuolena on lämmönpoispääsy, ja siksi laitteen jäädytykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Liian suuret tuuletusaukot aiheuttavat häiriöiden pääsyn laitteen ulkopuolelle sekä sisäisiin komponentteihin, ja liian pienet aukot taas eivät takaa riittävää jäähdytystä.

Aurinkosähköjärjestelmissä käytettävän siniaaltoinvertterin toiminta perustuu kytkimiin, joita ohjataan tietokoneella. Ideana on katkoa tasajännite suurella taajuudella leveydeltään ja kestoltaan vaihtelevan levyisiksi pulsseiksi, joista integroimalla saadaan muodostettua sinimuotoista jännitettä. Invertterin tuottama vaihtosähkö on erittäin laadukasta ja sen siniaalto on yleensä erittäin tasainen. Yleensä tällainen järjestelmä toimii sähköverkon rinnalla, jolloin ensisijaisesti käytetään oma tuotanto ja puuttuva teho otetaan sähköverkosta. Invertterillä muunneltu vaihtosähkö voidaan myös syöttää sellaisenaan verkkoon päin. Tällaisessa asennuksessa sähkömittareita on energiayhtiön toimesta asennettava molempiin suuntiin, jotta saadaan selville verkkoon syötetyn sekä verkosta otetun sähkön määrä. Verkkoyhtiöt edellyttävät myös, että verkkoon päin syöttäminen tulee olla estettynä tilanteissa, joissa jakeluverkossa on katkos, jotta vaaratilanteilta vältyttäisiin. [7.]

Kuvasta 2 nähdään ison invertterin ulkomuoto. Isojen järjestelmien invertterit ovat tilaa vieviä sekä tuovat tilaan lämpökuormaa, mikä on huomioitava laitteen sijoituspaikassa. Kuvan invertteri on hyvin koteloitu, mikä estää ylimääräisen lian pääsyn laitteistoon sekä suojaa ympäristöä häiriöiltä.



Kuva 2. Riello 100 kW vaihtosuuntaaja [8]

Suurien aurinkosähköjärjestelmien vaihtosuuntaajat ovat kooltaan huomattavasti suurempia kuin omakotitaloissa käytettävät pienten järjestelmien. Kuvan 100 kW:n invertteri on kooltaan 800 x 800 x 1 900 mm, joka tarkoittaa sitä, että tilan on riittävän iso ja ilmava, että laite myös jäähtyy tarpeeksi. Kyseisen invertterin jäähdytys hoituu tuulettimilla ja ilma kulkee alaosan ritilöiden kautta. Pölyinen ympäristö lisää laitteen sisään pääsevän lian määrää ja huonontaa ajan kanssa laitteiston toimintaa.

3 Aurinkosähköjärjestelmä käytännössä

3.1 Aurinkosähköjärjestelmän valintaan vaikuttavat tekijät

3.1.1 Aurinkosähköjärjestelmän tilan tarve ja asennustekniikka

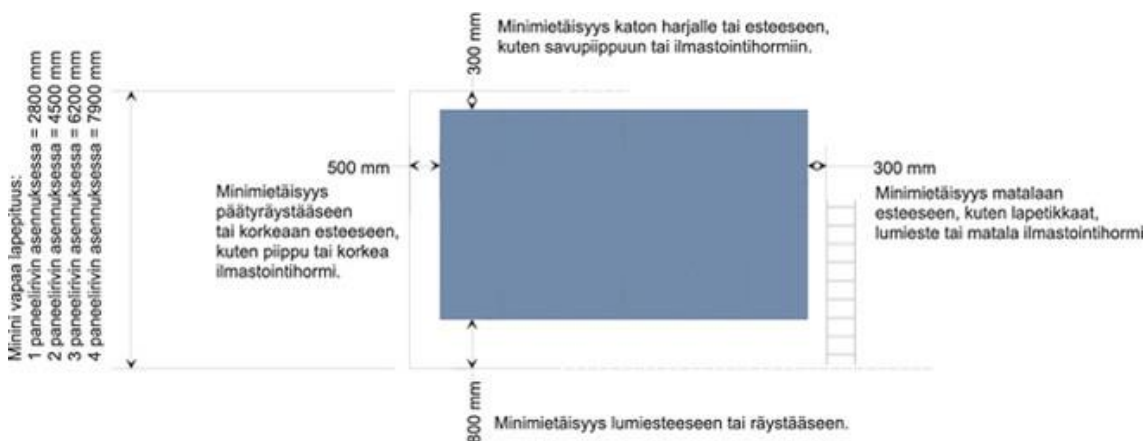
Aurinkosähköjärjestelmän tehoon vaikuttavista tekijöistä paneelien lisäksi suurimpana on järjestelmälle käytettävissä oleva pinta-ala. Mitä enemmän paneeleita saadaan asennettua, sitä suurempi teho järjestelmällä voidaan saavuttaa. Itse paneelin koko on yleensä noin $1,5 \text{ m}^2$ ja piikkiteho vaihtelee 200 - 250 W, joten minimi tila voidaan suoraan laskea, kun tiedetään paneelin koko ja teho. Todellisuudessa tilan tarpeeseen vaikuttaa kuitenkin asennustapa sekä asennuspaikka. Ympärillä olevat varjostavat rakenteet, rakennukset ja ympäristö on otettava huomioon alueena, jonne paneeleita ei voida asentaa, ja tämän takia hyvät sijoituspaikat suurelle määrälle paneeleita on suunniteltava tarkasti. [1.]



Kuva 3. Aurinkopaneelien asennustapoja [9]

Aurinkopaneelit voidaan asentaa sellaisenaan kattoon tai seinään, mutta tällöin kallistuskulmaa on hankalampi muuttaa ja hyötysuhde on monesti tällaisessa asennuksessa huonompi. Seinäasennusta hyödynnetään usein korkeissa rakennuksissa, koska

kattopinta-ala on huomattavasti pienempi kuin käytävissä oleva seinäpinta-ala. Aurinkopaneelien riittävä tuuletus taataan suorissa seinä- ja kattoasennuksissa asentamalla kiinnitysalusta pinnasta noin 150 mm:n korkeuteen. [10.]



Kuva 4. Harjakattoasennuksen tilantarve [11]

Paneeleja asennukseen löytyy asennustavan ja kattomateriaalin mukaan erilaisia kiinnikkeitä. Huopa-, pelti- ja tiilikatolle on omat kiinnikkeet, jotka takaavat aurinkopaneelien pysymisen paikallaan. Ankkureilla toteutettavassa kiinnityksessä on kiinnitettävä erityistä huomiota pistekuormaan, koska Suomen talvi ja mahdolliset suuret lumimassat voivat tuoda suuren painon aurinkopaneelien päälle. Etelä-Suomessa lumikuorman mitoituksessa käytetään arvoa 180 kg/m^2 . Tämä arvo kerrotaan paneelien pinta-alalla ja jaetaan kiinnikkeiden määrällä, jolloin saadaan yhteen kiinnikkeeseen kohdistuva kuorma. Kiinnikkeeseen kohdistuvan kuorman olisi syytä olla alle sata kiloa, jotta kiinnikkeiden kesto voidaan taata. Ankkureiden lisäksi löytyy isompia laattakiinnikkeitä, joilla asennuksesta saadaan tukevampi ja pistekuorma jakaantuu hieman tasaisemmin kattoon. Kattomateriaalin lisäksi kiinnityksen valintaan vaikuttaa paneelien asennustapa, tuulikuorma sekä muut alueella vallitsevat olosuhteet. [10.]

Isoissa aurinkosähköjärjestelmissä yleisempi asennustapa on alumiininen kehikko katon päällä, joka on suunnattu oikeaan ilmansuuntaan ja haluttuun kallistuskulmaan. Tällöin paneeleista saadaan paras mahdollinen teho ulos ja teho saadaan myös tarvittaessa tasaisemmin vuoden aikaan nähden. Huono puoli kehikoille asennetuilla paneeleilla on niiden tuoma varjostus, jolloin paneeleita ei voida asentaa yhtä tiheään kuin ilman kehikkoa. Paneelien hyötysuhde tippuu huomattavasti, jos osa siitä on varjossa.

Laskennallisesti kehikkoon asennettuja paneeleja saadaan asennettua noin 100 W/m^2 , kun otetaan huomioon varjo-alueet sekä paneelien huoltotilat.

Isot aurinkosähköjärjestelmät vaativat paljon tilaa eikä niiden hyödyntäminen pienissä kiinteistöissä ole helppoa vähäisen tilan vuoksi. Teollisuuskiinteistöt ja varastorakennukset ovat yleensä matalia ja tasakattoisia sekä pinta-alaltaan erittäin suuria. Kyseisiin kiinteistöihin on helppo saada isojakin järjestelmiä ja ympärillä on yleensä vähän varjostuksia aiheuttavia tekijöitä.

Aurinkosähköjärjestelmässä tilaa tarvitsevat myös akusto sekä invertterit. Akuston ja invertterin tilantarpeeseen vaikuttaa niiden teho. Suuresta koosta johtuen komponenteille on varattava reilusti tilaa ja siksi esimerkiksi sähköpääkeskushuone on hyvä paikka invertterille. Näissä tiloissa on jo keskuksien takia huomioitu tilan riittävä ilmanvaihto sekä mahdollinen jäähdytys, jota myös invertteri vaatii. Isolla kapasiteetilla varustetut akustot vievät yleensä niin paljon tilaa, että niiden sijoittaminen vaatii jo oman tilan. Isojen järjestelmien akustot ovat kuitenkin erittäin harvinaisia, koska ne vievät paljon tilaa sekä maksavat useita tuhansia. Tämän takia todetaankin paremmaksi vaihtoehdoksi myydä ylijäämäsähkö verkkoyhtiölle, vaikka siitä saatava hyöty onkin pieni verrattuna omaan käyttöön.

3.1.2 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmää mitoittaessa lähdetään yleensä pohtimaan, halutaanko kaikki energia käyttää vai onko tarkoituksena myydä energiaa verkkoon. Nykyään sähkön myynnistä saatava korvaus on vähäinen suhteessa ostohintaan, ja siksi sähkön myynti ei ole taloudellisesti kannattava ratkaisu. Sähkön myynnistä sähköyhtiöt hyvittävät pörssihinnan ja vähentävät siitä lisäksi välityspalkkion, Fortum $0,24 \text{ c/kWh}$, jolloin summa jää yleensä pienemmäksi, kuin mitä sähköstä joudutaan maksamaan. Siitä syystä verkkoon liitettävät järjestelmät kannattaa mitoittaa siten, että tuotettu energia saataisiin mahdollisimman hyvin käytettyä omaan kulutukseen.

Järjestelmän mitoituksessa kannattava vaihtoehto on lähteä mitoittamaan järjestelmää kiinteistön peruskuorman mukaan. Tällä tavoin tuotetusta sähköstä saadaan mahdollisimman paljon omaan käyttöön ja kulutus piikkejä tasataan ostosähköllä. Peruskuormalla tarkoitetaan sitä kulutusta, joka kiinteistössä on lähes koko ajan. Peruskuormaan

vaikuttaa muun muassa ilmanvaihtokoneet sekä muut kiinteistössä päiväsaikaan olevat laitteet. Isoissa konesaleissa kulutukset ovat suuret, ja siksi ne ovatkin erinomaisia kohteita isojen aurinkosähköjärjestelmien rakentamiseen, koska kaikki tuotettu sähkö saadaan kulutettua.

Mitoituksessa on huomioitava myös asennuspaikka ja siihen mahtuva paneelien määrä. Esimerkiksi tilanteessa, jossa paneeleita asennetaan samaan kiinteistöön eri tasoihin ja paikkoihin, kannattaa omat alueensa mitoittaa oman vaihtosuuntaajan eli invertterin taakse. Keskitetyllä invertterillä säästetään kustannuksissa, mutta järjestelmän laajennus ei ole yhtä vapaata kuin paneelikohtaisilla inverttereillä.

Järjestelmän mitoitukseen vaikuttaa sähkönkulutuksen lisäksi tietenkin järjestelmän rakentamiseen varattu budjetti. Mikäli rahaa ei ole käytettävissä esimerkiksi kiinteistön peruskuorman kattavan järjestelmän rakentamiseen, kannattaa mitoituksessa ottaa huomioon tulevat laajennustarpeet. Laajennuksen ajankohtakin syytä huomioida, koska esimerkiksi yli kymmenen vuoden päästä rakentamisesta olisi syytä harkita jo invertterin vaihtoa samalla, kun paneeleita lisätään. Tällä tavoin voidaan säästää rahaa ensimmäisessä vaiheessa, kun voidaan mitoittaa invertteri pienemmäksi kattamaan vain sen hetkisen asennuksen suuruus ja laajennuksen yhteydessä vaihdetaan invertteri isompaan samalla, kun edellisen käyttöikä tulee täyteen.

Edellä esitetty tapa ei sovi kuitenkaan silloin, kun järjestelmää halutaan laajentaa nopeammalla tahdilla. Tällöin on pohdittava millaisina kokonaisuuksina laajennuksia on tarkoitus toteuttaa. Esimerkiksi rakentaessa ensin puolet ja sitten puolet voidaan järjestelmä toteuttaa kahdella pienemmällä invertterillä, jolloin toinen invertteri lisätään laajennuksen yhteydessä. Toinen vaihtoehto on laittaa ensimmäisessä vaiheessa riittävän suuri invertteri, jolla katetaan myös laajennus. Tällöin invertterissä on oltava riittävästi sisäänmenoja, jotta laajennus voidaan toteuttaa.

Oikein mitoittuna järjestelmä on taloudellinen ja siinä on otettu huomioon tulevaisuuden näkymät. Oikean kokoisena järjestelmästä saadaan paras hyöty, mikä tarkoittaa järjestelmän rakennuttajalle enemmän tuottoa ja parantaa kannattavuutta. Voidaankin todeta, että oikea mitoitus on aurinkosähköjärjestelmän tärkein osa-alue ja oikealla asennuksella järjestelmä saadaan tuottamaan suunnitellun mukaisesti. [10.]

3.1.3 Aurinkosähköjärjestelmien saatavuus

Aurinkosähköjärjestelmiä myy Suomessa tunnetummin maahantuoja, jotka myös rakentavat järjestelmän asiakkaan toiveiden mukaan. Suomesta löytyy kuitenkin maahantuoja, jotka tuovat maahan Euroopassa tunnettuja ja suosittuja järjestelmiä, mutta kuluttajan on ostettava asennus ja tuote urakointiliikkeen kautta.

Koska pienet järjestelmät käyttävät samoja paneeleja kuin isommatkin järjestelmät, on paneelien saatavuus hyvä. Järjestelmäkohtaiset invertterit ja akustot eivät yleensä ole varastotavaraa, mutta valmistajilta tuotteita saa yleensä hyvinkin lyhyellä toimitusajalla, johtuen Euroopan markkinoiden paremmasta tilanteesta. Hyvä osien saatavuus takaa järjestelmän toiminnan ja nopean viankorjauksen etenkin takuuajana.

Järjestelmätoimittajan valinnassa kannattaakin kiinnittää huomiota tuotteiden saatavuuteen. Mitä tunnetumpi ja suurempi valmistaja, sitä varmemmin saa varaosia ja tuotteita on suurella todennäköisyydellä saatavilla pitkään. Haittapuolena tunnetussa valmistajassa on hinta, joka yleensä on hieman korkeampi verrattuna tuntemattomampiin merkkeihin. Monesti on kuitenkin viisaampaa sijoittaa hieman enemmän ja mahdollistaa järjestelmän pitkä elinikä sekä mahdolliset laajennustarpeet myöhempää ajankohdtaa varten, kuin että joutuisi uusimaan koko järjestelmän sen takia, ettei yhteensopivia osia enää olisikaan saatavilla.

Ulkomailla aurinkopaneelien ja muiden järjestelmässä vaadittavien komponenttien saatavuus on huomattavasti parempi kuin Suomessa, mikä perustuu suoraan siihen, että meillä järjestelmät ovat vasta nostamassa suosiotaan. Ulkomailla järjestelmät ovat olleet jo vuosia suosittuja, mitä selittää osaltaan järjestelmien rakentamisen tukeminen sekä suurempi vuosituotanto auringonsäteilyn suuremmasta määrästä.

Järjestelmää hankkiessa kannattaa harkita järjestelmän komponenttien hankkimista suoraan ulkomailta ilman suomalaista maahantuojaa. Ongelmaksi voi tulla takuuasioiden hitaus, jos laitteisto on tilattu esimerkiksi Kiinasta, mistä komponenttien hinnat ovat halvimmillaan. Halvempi hankintahinta parantaa järjestelmän kannattavuutta, mutta mikäli komponenteissa tulee laadullisia ongelmia ja esimerkiksi osa paneeleista hajoaa, putoaa vuosituotanto äkkiä ja kannattavuus kärsii. Vaikka nykyään takuuasiat pääsääntöisesti toimivat hyvin kaikkialla, se on silti yritykselle kallista ja aikaa vievää, kun vikaa joudutaan etsimään ja takuuna saadaan vain uusia komponentteja ilman työtä.

Tämä perustuu siihen, ettei laitteiston urakoinut sähköliike suostu ottamaan vastuuta tilaajan hankkimista komponenteista, vaan sähköliike ottaa vastuun vain tekemistään asennuksista. [12.]

Kiina on kasvattanut aurinkopaneelituotantoaan reilusti viime vuosina ja se onkin tällä hetkellä yksi suurimmista maista alalla. Tästä syystä Kiinassa on paljon tarjontaa ja kilpailun ansiosta hinnatkin ovat alhaiset. Kiinasta tilatessa suomeen verrattuna suurin yksittäinen kustannus on rahti, joka nostaa $W_p/€$ suhdetta huomattavasti. Lisäksi EU-alueen ulkopuolelta tilattaessa joutuu maksamaan tullimaksun sekä verot. Rahti ja maahantuonnista aiheutuvien lisäkustannuksien takia onkin syytä suunnata katseet Saksaan, joka on Kiinan lisäksi yksi suurimmista aurinkosähköpaneelien valmistajamaista. Saksassa paneelien ja muiden komponenttien hinnat ovat vain hieman kalliimpia kuin Kiinassa, mutta asiointi Saksaan on helpompaa. Saksassa tavarat ovat nopeasti saatavilla, ja EU:n alueella ei tarvitse pelätä takuun toimivuutta.

Perehtymällä hyvin tarjontaan ja hintoihin voi ulkomailta tilatessa säästää suuriakin summia isoissa järjestelmissä, koska määrät ovat suuria. Voidaankin todeta, että aurinkosähköjärjestelmän komponenttien saatavuus on maailmanlaajuisesti hyvä. Kilpailuttaessa kannattaa kuitenkin olla tarkkana, mitä ja mistä tilaa, jotta järjestelmässä olisi mahdollisimman vähän ongelmia ja pitkä elinikä.

3.2 Aurinkosähköjärjestelmän viranomaisvaatimukset ja lupa-asiat

Aurinkosähköjärjestelmiin asennuksiin vaikuttavat vaatimukset ovat lähinnä verkkoyhtiöiden vaatimukset verkkoon liitettävistä järjestelmistä ja kuntien sekä kaupunkien vaatimukset julkisivuasetuksista.

Verkkoyhtiöiden vaatimukset ovat, että verkkoon liitetty järjestelmä tulee toimia siten, että sähköä ei pääse verkkoon, kun verkossa on katkos ja verkkoon syötetty sähkö on samassa tahdissa ja taajuudessa verkon kanssa. Nämä eivät järjestelmiä asennettaessa tuota ongelmia, koska invertterit tuottavat 50 Hz:n taajuudella toimivaa vaihtosähköä ja aurinkosähkökeskus hoitaa tahdistuksen verkon kanssa sekä estää sähköön pääsyn verkkoon päin, kun verkossa on katkos.

Verkkoon liitettävien aurinkosähköjärjestelmien sähköasennukset vaativat sähköasentajan, koska järjestelmät toimivat vaihtosuuntaajalta eteenpäin 230 V:n jännitteellä. Paneelien asennuksetkin on syytä jättää ammattilaisten käsiin, jotta sähköasentaja voi olla varma asennuksien oikeellisuudesta, kun järjestelmä liitetään verkkoon. Väärin kytketyt ja ryhmitellyt paneelit luovat väärän jännitteen ja järjestelmä ei toimi oikein. Väärät kytkennät voivat myöskin aiheuttaa oikosulun, jolloin järjestelmä voi aiheuttaa tulipalon sekä muita vaaratilanteita.

Kaupunkien ja kuntien kanssa asiat eivät olekaan enää niin yksinkertaisia. Lupa-asiat ovat kunta- ja kaupunkikohtaisia, ja siksi järjestelmää suunniteltaessa onkin syytä ottaa yhteyttä oman kunnan rakennusvalvontaan ja kysyä, mitä vaatimuksia heillä on järjestelmän rakentamiseen.

Yleisimmin lupaa vaaditaan rakennuksen julkisivulle asennettaviin järjestelmiin. On mahdollista, että rakennuksen julkisivu on suojeltu, jolloin järjestelmää ei voida asentaa. Rakennusvalvonta voi vaatia toimenpideluvan tai hyväksynnän kaupunkiarkkitehdiltä paneelien asennukseen ja lupa-prosessin on yleensä aikaa vievä eli on muistettava hakea lupaa ajoissa ennen suunniteltua aloitusta, ettei järjestelmän rakentaminen viivästyisi lupaa odotellessa. [1.]

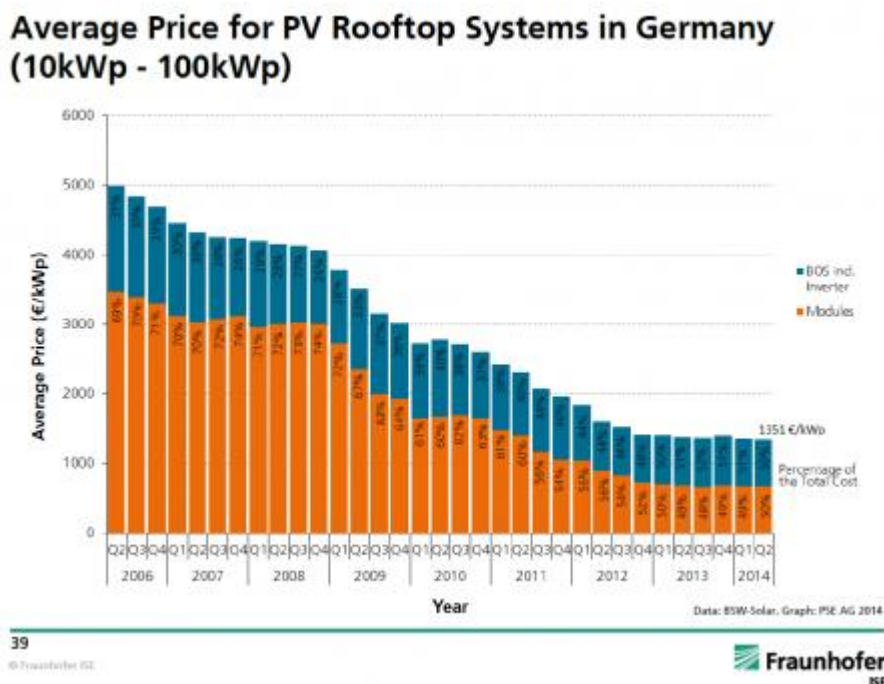
3.3 Aurinkosähköjärjestelmien markkinat

Aurinkosähköjärjestelmien markkinat ovat kasvamaan päin, koska järjestelmien hinnat tippuvat vuositasolla noin 10 %. Suomessa aurinkosähköjärjestelmien hintataso on huomattavasti kalliimpi kuin muualla Euroopassa, mikä osin selittää järjestelmien vähäisyyden. Euroopassa muun muassa Saksassa sekä Italiassa järjestelmien rakentamista on tuettu, mikä on lisännyt kannattavuutta ja kasvattanut järjestelmien määrää. [13.]

Ennusteiden mukaan järjestelmien hinnat tulevat tippumaan 4 - 5 vuoden sisällä sille tasolle, että niiden rakentaminen on taloudellisesti kannattavaa. Saksassa järjestelmiä

on rakennettu pidemmän aikaan, ja siksi sieltä onkin mahdollista saada riittävän luotettavaa tietoa hintojen kehityksessä. [14.]

Kuvasta 5 nähdään, että järjestelmien hinnat ovat laskeneet tasaisesti ja lisääntynyt kilpailu erityisesti Kiinan takia lisää eurooppalaisten valmistajien paineita laskea hintoja.



Kuva 5. Aurinkosähköjärjestelmien hintakehitys Saksassa [15]

Suomessakin aurinkosähköjärjestelmissä kilpailu on kovaa ja etenkin pieniä järjestelmiä tarjoavia yrityksiä on useita. Isojen yli 50 kW:n järjestelmien kohdalla maahantuojat myyvät tuotteet suoraan, joko kuluttajalle tai sähköurakointi liikkeelle. Isojen järjestelmien ongelmana ovat pienet markkinat, koska hintojen odotetaan putoavan sekä verotukseen odotetaan muutosta. Tuotantoveron poistaminen sekä järjestelmän hinnan pudotus lyhentäisi takaisinmaksuaikaa huomattavasti ja oletettavasti parantaisi myös suuriin järjestelmiin investoivien yritysten määrää erityisesti teollisuudessa, jossa kulutukset ovat suuria.

Aurinkosähköjärjestelmien markkinoilla on kuitenkin potentiaalia osaavalla sähköurakointiliikkeellä ja odotettavissa oleva järjestelmien hintakehitys tulee mitä todennäköisimmin lisäämään järjestelmien määrää myös Suomessa. Siksi urakointiliikkeiden on-

kin syytä olla hereillä jo nyt ja valmistautua mahdolliseen kasvuun myös aurinkosähköjärjestelmien asennuksessa.

Sähköurakointiliikkeelle aurinkosähköjärjestelmät olisivat yleistyessään hyvää liiketoimintaa niiden yksinkertaisesta asennuksesta johtuen sekä suuren laitekaupan takia. Yleistyvyys tietenkin lisää kilpailua, mikä on sähköalalla kova jo ennestään ja tästä syystä laitekaupan kate jää todennäköisesti melko pieneksi. Siksi urakoitsijan olisikin hyvä saada aikaan sopimus aurinkosähköjärjestelmiä maahantuoivan yrityksen kanssa, jossa sovittaisiin järjestelmien asennus ensisijaisesti tehtävän erityisesti kyseisen urakoitsijan kanssa. Tästä hyötyisi myös maahantuoja, koska näin se voisi taata laadukkaan asennuksen laitteilleen. Laadukas asennus parantaa laitteiden vikatiheyttä ja näin ollen asiakastyytyväisyys paranee. Yhteistyö maahantuojan kanssa takaisi myös urakoitsijalle koulutuksia laitteistoihin, jolloin mahdolliset vikakorjaukset hoituvat ammattitaitoisesti toisin kuin satunnaiselta sähköasentajalta, joka ei välttämättä ymmärrä kyseistä järjestelmää.

Nykyään markkinoille ei ole kovinkaan monia aurinkosähköjärjestelmiin erikoistuneita sähköurakointiliikkeitä. Yrityksen oma tietotaito järjestelmän suunnitteluun ja toteutukseen parantaa asemaa markkinoilla, koska laitteistot voidaan rakentaa myös erikseen kilpailutetuista komponenteista eikä tarvitse ostaa maahantuojalta valmista pakettia. Halvemmin saaduilla komponenteilla voidaan tarjota asiakkaille halvempia järjestelmiä, jolloin kilpailuetu paranee huomattavasti, ja katetasoakin on mahdollisuus nostaa.

3.4 Aurinkosähkön verotus

Aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun sähkön verotus riippuu rakennetun järjestelmän koosta. Järjestelmän on oltava teholtaan alle 50 kW välttyäkseen veroilta, minkä takia suuria aurinkosähköjärjestelmiä ei juurikaan ole rakennettu. Aurinkosähkötuotannon verotuksesta vastaa tulli, koska sen vastuulla on myös muut tuotantomuodot, kuten polttoaineilla tuotetun energian verotus. Sähköntuottajien valmistevero muodostuu verokautena tuotetun sähkön määrästä, josta vähennetään verkkoon syötetty sekä omakäyttölaitteiden kuluttama sähkö. [16.]

Kaikki alle 100 kW:n järjestelmät muuttuvat verovapaiksi, jos hallituksen esitys, HE 349/2014, tulee voimaan. Muutoksessa yli 100 kW:n järjestelmät olisivat verovapaita, mikäli niiden vuosituotanto pysyy alle 800 000 kWh:ssa. Tämän toteutuminen tekee isojen aurinkosähköjärjestelmien rakentamisesta huomattavasti kannattavampaa kuin ennen. Hallitus esitti lakimuutoksen 15. tammikuuta 2015 ja sen uskotaan tulevan voimaan vielä keväällä 2015. [17.]

Verotuksen kevennys aurinkosähköjärjestelmissä tekisi hyvää myös sähköurakoitsijoille sekä järjestelmätoimittajille, koska parempi kannattavuus houkuttelee suuret yritykset investoimaan suuria summia järjestelmiin. Mitä enemmän aurinkosähkö järjestelmästä hyödyttäisiin taloudellisesti, sitä enemmän niitä luonnollisesti asennettaisiin. Entinen verotus sekä sähkön alhainen hinta saivat yritykset luopumaan ajatuksesta rakentaa aurinkosähköjärjestelmiä vähentämään sähköstä aiheutuvia kuluja.

Taulukosta 1 nähdään 1. tammikuuta 2014 voimaan tullut sähköntuotannon verotustaulukko. Veroluokka 2 on alempi verotusluokka ja sitä sovelletaan teollisuudessa sekä konesaleissa käytettyyn sähköön. Korkeampaa veroluokkaa käytetään kaikkeen muuhun käytettyyn sähköön, kuten kotilouksissa käytetyssä sähkössä.

Taulukko 3. Verotaulukko 2 [16]

Tuote	Tuoteryhmä	Energia-vero	Huolto-varmuus-maksu	Yhteensä
Sähkö snt/kWh				
– veroluokka I	1	1,89	0,013	1,903
– veroluokka II	2	0,69	0,013	0,703

Yli 50 kW:n aurinkosähköjärjestelmiin ei juurikaan kannata korkean verotuksen takia investoida muissa kuin veroluokka 2:n kohteisiin, koska veron osuus saatavasta tuotosta on liian suuri. Esimerkiksi suuret varastorakennukset eivät kuulu teollisuuteen, vaikka juuri näihin kohteisiin aurinkosähköjärjestelmä olisi potentiaalinen ratkaisu sähkökustannusten pienentämiseen. Kun aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksun laskennassa käytetään ostetun sähkön hintaa arvioimaan omatuotannosta saatua hyötyä ja vähennetään verotuksesta aiheutunut kulu, huomataan, että verotus on merkittävin tekijä. Esimerkiksi veroluokka 1:een kuuluvasta aurinkosähköjärjestelmästä tuotetusta

sähköstä joudutaan maksamaan melkein kolmannes veroa ostetun sähkön hintaan verrattuna. Veroluokan 2 järjestelmät eivät kuitenkaan automaattisesti ole kannattavampia, koska näissä kohteissa sähkökin on halvempaa ja siten samassa suhteessa taloudellinen hyöty on pienempi.

Verotuksen vaikutuksesta järjestelmien asennuksista Suomessa kertoo sekin, että yli 50 kW:n järjestelmiä on tähän mennessä asennettu vain yksitoista kappaletta, joista suurin on Saloon rakennettu 322 kW:n järjestelmä. Ulkomailla järjestelmiä rakentaneita on tuettu verotuksellisesti ympäristöystävällisyydellä perustellen, mikä onkin parantanut investointien kannattavuutta. Suurin osa Suomessa rakennetuista isoista järjestelmistä onkin rakennettu ympäristöystävällisyyden nimissä, eikä taloudellisuus ole ollut pääpaino.

Verotusmuutoksen toivotaan parantavan eri energiatuotanto muotojen tasaroisempaa asemaa. Esimerkiksi nimellisteholtaan 50 kW:n biokaasuvoimalaitoksen vuosituotanto voi nousta 400 000 kWh:iin ja samaan aikaan saman tehoinen aurinkosähkölaitos tuottaa 60 000 - 100 000 kWh. Biokaasulaitos on siis voinut tuottaa verottomasti huomattavasti enemmän energiaa kuin vastaava aurinkosähkölaitos. Tuleva 800 000 kWh:n raja takaakin aurinkosähköjärjestelmien tehon noston suureksi, koska vuosituotannot niissä jäävät paneelien hyötysuhteiden takia melko huonoksi. [18.]

Mikäli järjestelmä tuottaisi yli 800 000 kWh, olisi sen tehtävä kuukausittain veroilmoitus. Niissä tapauksissa, joissa ei tiedetä tuleeko 800 000 kWh täyteen, voimalaitos voi rekisteröityä pientuottajaksi. Mikäli raja ylittyy, on rekisteröidyttävä normaaliksi sähkön tuottajaksi ja tehtävä ilmoitus koko vuoden tuotannosta. Yli 100 kW:n järjestelmät joutuvat siis maksamaan kaikesta tuottamastaan sähköstä veron, mikäli tuotanto on yli 800 000 kWh:n eikä vain yli menevästä osuudesta. [17.]

3.5 Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus

Järjestelmän kannattavuuteen vaikuttaa kaikki edellä mainitut, ja siksi järjestelmä onkin syytä suunnitella huolella. Oikein asennettuna oikeaan paikkaan oikean kokoisena saadaan järjestelmästä paras hyötysuhde. Laadukkaat komponentit ja pitkä elinikä

takaavat alhaiset ylläpitokustannukset sekä järjestelmän osien hyvä saatavuus antaa mahdollisuuden muutoksille.

Kannattavuuslaskelmissa on otettava huomioon investointikustannukset, komponenttien elinikä, tuotto sekä ylläpitokustannukset. Investointikustannuksiin vaikuttaa suurimpana järjestelmän koko. Hankala asennusympäristö sekä asennustapa lisää asennuksesta aiheutuvia kustannuksia.

Tässä kannattavuuslaskelmassa käytetään esimerkkinä 200 kW:n aurinkosähköjärjestelmää, joka olisi tarkoitus asentaa kahteen tasoon teollisuuskiinteistön katolle Etelä-Suomeen. Järjestelmän kustannusarvio asennettuna on 475 000 euroa ilman arvonlisäveroa. Järjestelmässä on kaksi vaihtosuuntaajaa ja noin tuhat aurinkopaneelia. Paneelien oletettu kestoikä on noin 30 vuotta ja vaihtosuuntaajilla 15 vuotta. Laskelmissa käytetään auringon säteily määränä $1\,210,9 \text{ kWh/m}^2$, joka on Vantaalla 45° :n kulmaan ja etelään suunnatulle pinnalle mitattu arvo.

Käytettävän paneelityypin (liite 1) hyötysuhde on 15,19 % ja paneelien yhteispinta-ala $1\,316,7 \text{ m}^2$. Paneelien tuottaman sähkön määrä on $1\,316,7 \text{ m}^2 * 1\,210,9 \text{ kWh/m}^2 * 0,1519 = 242\,188,15 \text{ kWh}$.

Paneelit voivat siis tuottaa vuodessa $242\,188,15 \text{ kWh}$, mutta tästä on vähennettävä kaapeleiden sekä invertterin häviöt. Kaapeleiden häviöksi oletetaan 2 %, jolloin hyötysuhde olisi 98 %. Valitun invertterin hyötysuhde on 95,2 %.

Häviöt huomioon ottaen kyseisen aurinkosähköjärjestelmän todellinen vuosituotanto tulisi olemaan noin $242\,188,15 \text{ kWh} * 0,98 * 0,952 = 225\,952 \text{ kWh}$.

Takaisinmaksuajan laskennassa ei oteta huomioon mahdollisia lainakorkoja, rahanarvon muutosta eikä komponenttien hyötysuhteen alenemaa. Tuotetun sähkön määrä hinnoitellaan nykyisen sähkönhinnan perusteella. Sähkön hinnassa on mukana siirtomaksu sekä sähkövero, koska myös ne säästetään omatuotannossa. Kohteen tämän hetkinen arvonlisäveroton sähkön hinta on $0,0794734 \text{ €/kWh}$. Laskelmissa on laskettu, millainen vaikutus tulevilla verotusmuutoksella olisi takaisinmaksuaikaan, ja siksi laskelmissa on sekä verolla, että verottomana olevia takaisinmaksuaikoja.

Kohde kuuluu veroluokka ykköseen, jolloin veroon ja huoltovarmuusmaksuun menee jokaista kilowattituntia kohden 0,01903 €. Näin ollen jokaisesta tuotetusta kilowatista saadaan rahallista hyötyä $0,0794734 \text{ €/kWh} - 0,01903 \text{ €/kWh} = 0,0604434 \text{ €/kWh}$.

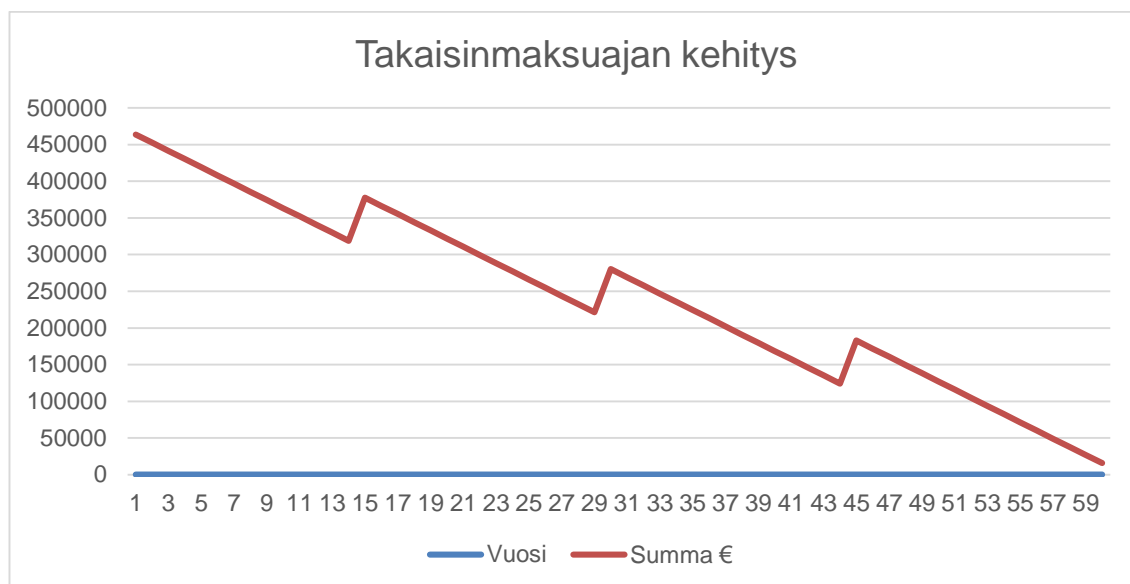
Oheisten laskelmien mukaan järjestelmä tuottaisi vuosittain $225\,951,8564 \text{ kWh} \cdot 0,0724434 \text{ €/kWh} = 13\,657,298 \text{ €}$. Tämä tuotto saadaan, kun kaikki järjestelmän sähkö saadaan hyödynnettyä eikä sähköä myydä eteenpäin.

Järjestelmän takaisinmaksuajaksi saadaan seuraavalla $\frac{475\,000\text{€}}{13\,657,298\text{€}} = 34,8$ vuotta, kun ei oteta huomioon huoltokustannuksia, eikä komponenttien uusintaa. Seuraavaksi lasketaan takaisinmaksuaikaa, kun otetaan huomioon ylläpitokustannukset sekä komponenttien vaihdot.

Invertterin eliniäksi ennustetaan 15 vuotta, jolloin voidaan todeta, että ensimmäiset invertterit joudutaan vaihtamaan 15 vuoden jälkeen ja takaisinmaksuajan noustessa yli 30 vuoden vaihdetaan invertterit uudelleen. Yhden invertterin hinta vaihdettuna on noin 35 000 €. Lisäksi vuosittaiset sähköhuolto ja ylläpitokustannukset lisäävät takaisinmaksuaikaa. Arvioituna näiden kustannusvaikutus on vuosittain 2 500 €.

Järjestelmän vuosituoanto on 13 657,298 € ja ylläpitokustannukset vähennettynä vuosittain rahallinen tuotto on $13\,657,298 \text{ €} - 2\,500 \text{ €} = 11\,157,298 \text{ €}$. Tällöin takaisinmaksuaika olisi $\frac{475\,000}{11\,157,298} = 42,6$ vuotta. Tässä ajassa invertterit joudutaan vaihtamaan 2 kertaa, jolloin lisäkustannuksia aiheutuu yhteensä 140 000 € edestä.

Kuvan 6 kuvaaja kuvaa takaisinmaksuajan kehitystä, kun ylläpitokustannukset on huomioitu vuosituotannossa ja invertterit vaihdetaan 15 vuoden välein uusiin.

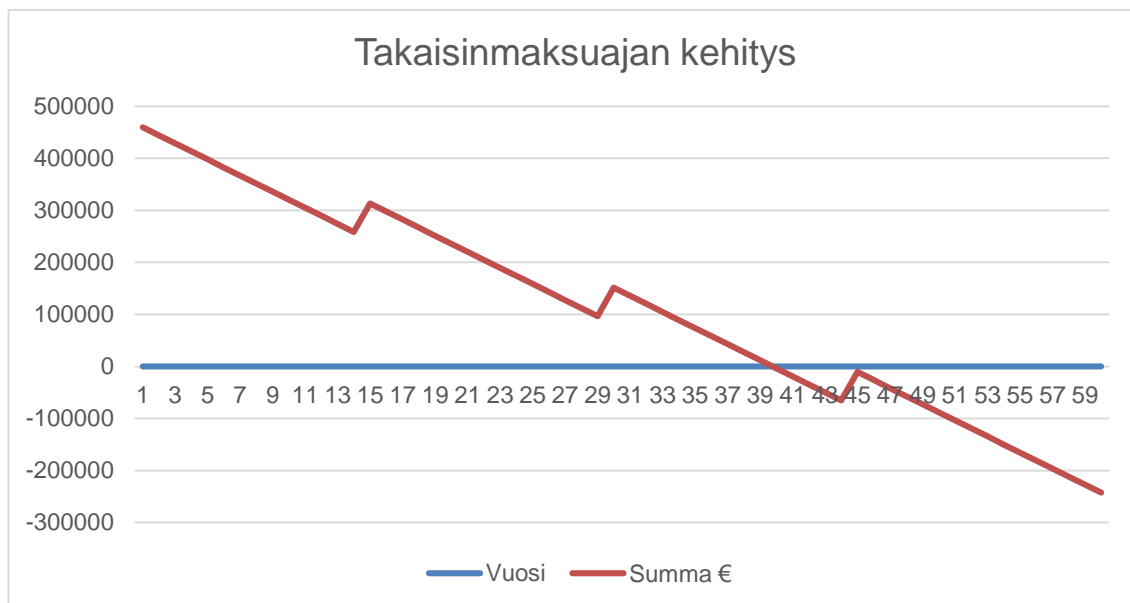


Kuva 6. Verollisen järjestelmän takaisinmaksuajan kehitys

Kuten kuvan 6 kuvaajasta nähtiin, invertterien vaihdon aiheuttama kustannus lisää takaisinmaksuaikaa huomattavasti ja järjestelmä ei ala tuottamaan paneelien elinaikana. Aurinkopaneelien arvioitu kestoikä on 30 - 40 vuoden välillä, joten järjestelmä ei olisi taloudellisesti kannattava investointi verojen takia.

Verotusmuutoksen voimaantulon jälkeen järjestelmä kuuluisi verottomaan luokkaan, vaikka onkin yli 100 kW:n suuruinen, koska vuosituotanto jäisi 800 000 kWh:n rajan alle. Ilman veroja järjestelmä tuottaisi vuodessa $225\,951,8564 \text{ kWh} \cdot 0,0794734 \text{ €/kWh} = 17\,957,16 \text{ €}$, mikä on huomattavasti enemmän kuin verojen jälkeen jäävä summa. Ylläpito kustannukset vähennettynä järjestelmän todellinen vuosituotto olisi $17\,957,16 \text{ €} - 2\,500 \text{ €} = 15\,457,16 \text{ €}$.

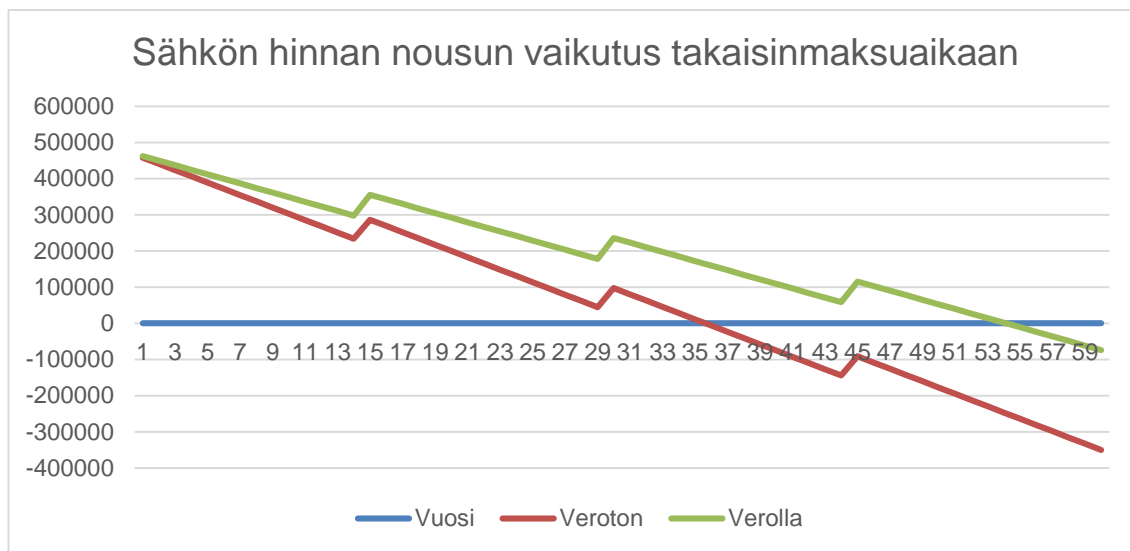
Kuvassa 7 nähdään verojen poistumisen vaikutus takaisinmaksuaikaan. Verojen poistuttua järjestelmän takaisinmaksuaika olisi noin 40 vuotta, jolloin järjestelmä maksaisi juuri ja juuri itsensä takaisin sen elinaikana. Verojen poistuminen vaikutti takaisinmaksuaikaan noin 20 vuotta ja tekee järjestelmään investoinnista harkitsemisen arvoisen.



Kuva 7. Verottoman järjestelmän takaisinmaksuajan kehitys.

Jos ylläpitokustannuksien ajatellaankin olevan vain 1 500 € vuodessa, saadaan järjestelmän tuotoksi verottomana $17\,957,16 \text{ €} - 1\,500 \text{ €} = 16\,457,16 \text{ €}$. Sähkön hinnan nousu kymmenellä prosentilla saisi vuosituoton nousemaan verotetussa vaihtoehdossa arvoon $225\,951,8564 \text{ kWh} * [(0,0794734 * 1,1) \text{ €/kWh} - 0,01903 \text{ €/kWh}] = 15\,453,015 \text{ €}$. Ilman veroja tuotto olisi vastaavasti laskettuna $19\,752,9 \text{ €}$. Ylläpitokustannukset, $2\,500 \text{ €}$, vähennettynä summat olisivat $12\,653,015 \text{ €}$ verolla ja verottomana $17\,252,9 \text{ €}$.

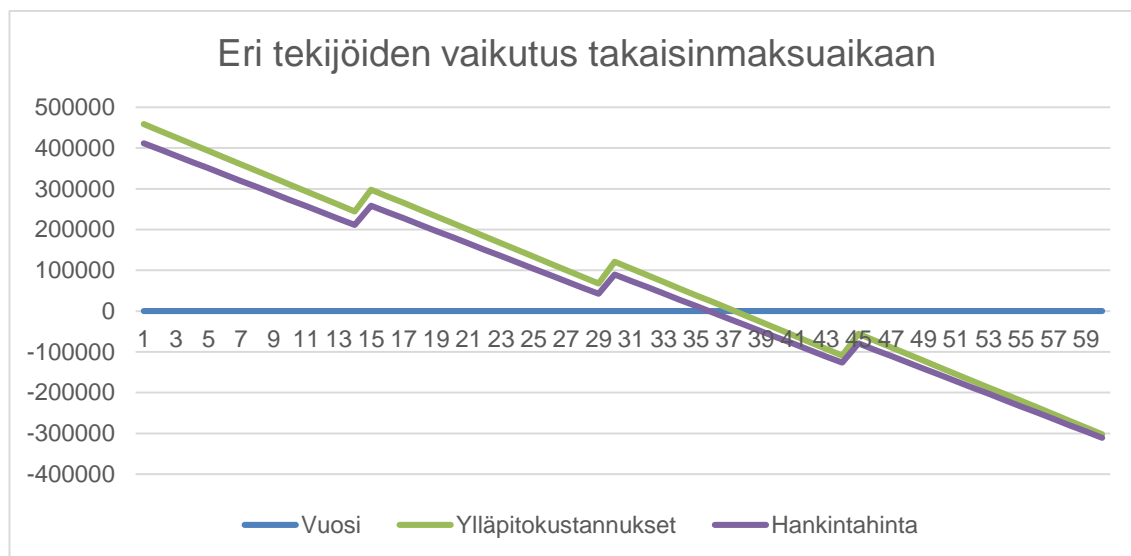
Kuten kuvan 8 kuvaajasta havaitaan vaikuttaa sähkön hinnan korotus takaisinmaksu-aikaan siten, että verolla se on 55 vuotta ja verottomassa 35,5 vuotta. Sähkönhinnan nousu pienentäisi takaisinmaksuaikaa nykyisestä tilanteesta reilusti ja parantaisi investoinnin kannattavuutta huomattavasti.



Kuva 8. Sähkön hinnan nousu 10 %:lla ja sen vaikutus takaisinmaksu-aikaan.

Järjestelmän kannattavuuteen vaikuttavia jo edellä mainittuja hankintahinnan alentamista sekä ylläpitokustannuksien pienentämistä havainnollistetaan alempana olevalla kuvaajalla. Järjestelmän hankintahinta on suurimpana tekijänä kannattavuuteen vaikuttavista tekijöistä, ja siksi onkin syytä pohtia, mikä olisi nykytilanteessa oikea hinta kannattavalle järjestelmälle ja miten muut tekijät vaikuttavat siihen.

Kuvan 9 kuvaajassa esitetään erikseen laitteiston hinnan alennus 10 %:lla, jolloin järjestelmä 423 500 € ja invertteri vaihdettuna 31 500 € sekä ylläpitokustannusten pudotus 2 500 eurosta 1 500 euroon.



Kuva 9. Eri tekijöiden vaikutus takaisinmaksuajan kehittymiseen.

Laskelmista huomattiin, että ylläpitokustannuksien vaikutus ei ole järjestelmän kannattavuuden kannalta merkittävä tekijä yksinään, mutta kokonaisuuteen se vaikuttaa. Järjestelmän hankintahinnan aleneminen parantaisi ehdottomasti järjestelmän kannattavuutta, vaikkei sekään vielä investoinnista tuottavaa toisi.

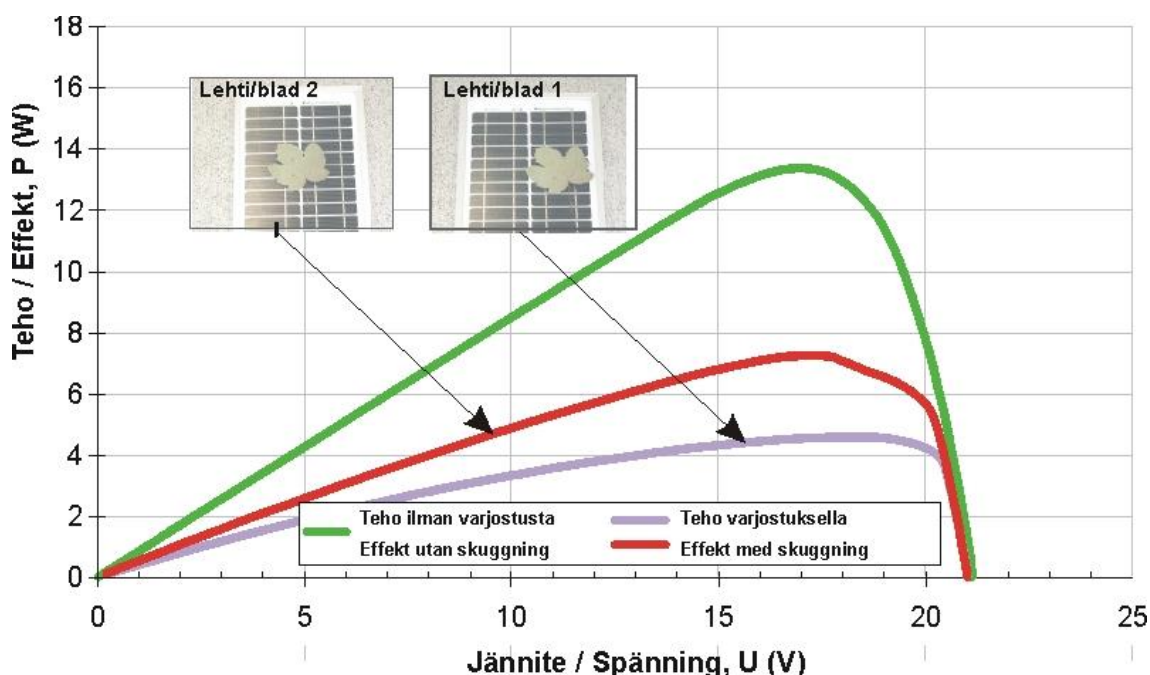
Yhteenvetona aurinkosähköjärjestelmien kannattavuudesta voidaan todeta, että verotuksen muutos vaikuttaisi erittäin paljon järjestelmien kannattavuuteen. Sähkönhinnan nousu ja investointikustannusten aleneminen tekisi järjestelmistä kannattavia ja lisäisi varmasti aurinkosähköjärjestelmien määrää Suomessa. Invertterien hintojen ei uskota putoavan, koska tehoelektroniikan hinnat ovat pysyneet jo pitkään samana, johtuen tasaisesta komponenttien kehityksestä, jolloin seuraavassa mallissa on aina jotain parempaa eikä hintaa ole siten tarvinnut pudottaa. Aurinkopaneelien hinnat tulevat todennäköisesti putoamaan, mutta suurimpana tekijänä siihen vaikuttaa nykyään EU:n asettamat verot Kiinalaisiin paneeleihin, mikä sai hintojen alenemisen pysähtymään. Tällä asetuksella pyritään takaamaan Eurooppalaisten paneelivalmistajien pysyminen markkinoilla.

Järjestelmän kannattavuuteen vaikuttaa laskennassa 15 vuoden välein oletetut invertterin vaihdot sekä tietenkin mahdollisesti aika ajoin hajoavat paneelit. Jos invertterit kestävät oletettua pidempää, ehtii järjestelmä maksaa itsensä nopeammin takaisin ja vaikka nyt näyttääkin, että invertterien hinnat tulevat pysymään kehityksen takia lähes samana, voivat 15 vuoden päästä invertterit olla huomattavastikin halvempia, jolloin suurin kulu järjestelmän elinaikana pienenee. Järjestelmän hyvällä huollolla taataan tasainen tuotanto ilman, että rikkiäiset komponentit alentaisivat tuottoa ja tämä on olennaista takaisinmaksuajan paikkansapitävydessä.

4 Aurinkosähköjärjestelmän elinkaari

4.1.1 Huoltotoimenpiteet

Aurinkosähköjärjestelmät ovat hyvin helppohoitoisia, sillä ne vaativat käytön aikana vain vähän huoltoa. Aurinkopaneelit on syytä pestä vähintään kerran vuodessa esimerkiksi pyyhkimällä ne märällä rätillä, jotta ylimääräinen lika ei pääse heikentämään paneelin tuottoa. Mikäli asennuspaikka on esimerkiksi tehdasalueella, jossa ilmansaasteita on paljon, on syytä paneeleita puhdistaa useammin. Syksyisin puista putoavat lehdet on syytä poistaa paneelien päältä mahdollisimman usein, sillä yhdenkin kennon peittyminen saa tuoton putoamaan huomattavasti. Kuvan 10 kuvaaja kuvaa paneelille puttoneen lehden vaikutuksen aurinkopaneelin tehoon.



Kuva 10. Varjostuksen vaikutus aurinkopaneelin tehoon [19]

Kuten kuvasta voitiin nähdä, alentaa varjostus tehoa huomattavasti. Järjestelmän läheisyydessä kasvavia puita kannattaakin seurata, etteivät ne pääse aiheuttamaan varjostuksia. Turhat lehtipuut kannattaa kaataa, että välttäisiin liiallisilta putoavilta lehdistä.

Puhdistuksen lisäksi paneelien kunto on tarkistettava riittävän usein. Pienetkin halkeamat ja säröt tulee paikata niin nopeasti kuin mahdollista, sillä paneelin lasipinnan alle joutunut kosteus hapettaa juotokset ja saa paneelin hajoamaan ennen aikaisesti. Paikka-aineena voidaan käyttää esimerkiksi kirkasta silikonia tai epoksiliimaa. Yleensä kuitenkin säröt ja halkeamat huomataan vasta, kun paneeli on jo imenyt kosteutta liikaa sisäänsä. Tällöin hapettuneet juotokset estävät virran kulun paneelissa normaalisti ja paneelin tuotto heikkenee niin paljon, että sen vaihtaminen on välttämätöntä. Vaihtamisen tärkeyttä lisää sekin, että paneelirivistössä rikkiäinen paneeli heikentää koko sarjaan kytketyn paneelirivin tuottoa ja aiheuttaa siis suurtakin haittaa. Tällaisia tilanteita varten järjestelmään voidaan asentaa laitteita, jotka seuraavat paneelirivien tuottoa ja jännitettä ja näin vioittuneet paneelit on helpompi havaita.

Paneelien kiinnitykset on hyvä tarkistaa, ettei mahdollisten rakenteiden liikkeiden takia paneeli ole joutunut jännitykseen. Jännitykseen joutunut paneeli saattaa haljeta ja pahimmillaan se joudutaan vaihtamaan uuteen. Ennakoivaan huoltoon kuluu rahaa, mutta hajoavien osien vaihto on kuitenkin paljon kalliimpaa ja kokonaistaloudellisesti huolto lisää järjestelmän kannattavuutta.

Vuosittain on syytä tehdä tarkistus kaikille muillekin järjestelmän osille, kuten kaapeleille, vaihtosuuntaajille, akustoille sekä keskuksille. Kaapeleiden kunto on tarkistettava ja vioittuneet kaapelit vaihdettava uusiin. Kaapeleihin kohdistuu rasitusta talvella jäädä, joka saattaa rikkoa kaapeleiden kuorta. Kaapeleiden liitoksetkin kannattaa tarkastaa, sillä löysät liitokset aiheuttavat lämpenemistä ja pahimmillaan sytyttävät tulipalon.

Inverterien ja keskuksien huollossa laitteet puhdistetaan ja imuroidaan sekä tarkistetaan yleinen kunto. Mahdollisten akustojen kohdalla on tarkistettava akkujen kunto ja lisättävä akkuihin nestettä, mikäli sitä on päässyt haihtumaan.

Suomessa talvi luo omat haasteensa, mutta hyvin asennetun järjestelmän ylläpito on helppoa. Paneelit on suurien lumisateiden aikana harjattava lumesta ja harjana kannattaa käyttää pehmeäharjaista harjaa, ettei paneelien pinta kulu. Paneelit itsessään tuottavat lämpöä, ja siksi vähäisten lumisateiden lumi yleensä sulaa nopeasti itsestään eikä lumia tarvitse mennä poistamaan.

Helpoin tapa järjestelmän omistajalle huollon suhteen on tehdä ylläpitosopimus kiinteistön huoltoyhtiön kanssa joka hoitaa kaikki edellä mainitut laitteiston huoltotoimenpiteet. Täytyy kuitenkin muistaa, että sähkölaitteistonhuoltoon tarvitaan sähköasentaja eli tavallinen kiinteistön huoltomies ei voi kaikkea tehdä. Kiinteistöhuoltoyhtiö voi kuitenkin järjestää sähköasentajan paikalle tarpeen mukaan, mikäli heiltä ei sitä itseltään löydy. Suurin osa laitteiston vaativasta huollosta on tavallista ylläpitotoimintaa eikä ole järkevää maksaa sähköasentajasta tekemässä tavallisia puhdistustoimenpiteitä vaan käyttää tavallista huoltomiestä.

4.1.2 Aurinkosähköjärjestelmän laajennus

Järjestelmän laajennus tulee yleensä eteen kasvaneen tehontarpeen mukaan, koska sähkölaitteiden tehot kasvavat jatkuvasti ja määrät nousevat. Tällöin aurinkosähköjärjestelmästä hyödynnettävissä olevan sähkönmäärän tarve kasvaa ja järjestelmää halutaan suurentaa.

Järjestelmän laajennus jälkeenkäin riippuu siitä, miten se on alun alkaen suunniteltu. Jos invertteri on mitoitettu hieman isommaksi kuin silloin rakennetun järjestelmän teho, voidaan järjestelmää kasvattaa suoraan invertterin maksimiin asti. Kun invertterin teho on saavutettu, voidaan järjestelmää laajentaa lisäämällä toinen invertteri, jolloin aurinkopaneeleja voidaan jälleen lisätä invertterin sallima määrä. Mikäli järjestelmä on toteutettu paneelikohtaisilla inverttereillä, voidaan paneeleja lisätä haluttu määrä milloin vain tehon tarpeen mukaan.

Järjestelmän laajennuksessa rajana on myös käytettävissä oleva pinta-ala, joka määrittää suurimman mahdollisen tehon. Isoja järjestelmiä laajennettaessa on myös syytä huomioida verotus. Nykyistä 50 kW:n rajaa ei kannata ylittää ja tulevassa veromuutoksessa tulevaa 800 000 kWh:n vuosituo-
tanta rajaa ei ole taloudellisesti kannattavaa ylittää, ja siksi aurinkosähköjärjestelmän teho kannattaa mitoittaa niin, ettei vuosituo-
tanto nouse rajan yli.

5 Yhteenveto

Nykyään aurinkosähköjärjestelmät eivät näytä laskemien perusteella olevan rahallisesti tuottavia, mutta verotuksen muututtua myös isommat järjestelmät saadaan maksamaan itsensä takaisin aurinkopaneelien elinaikana. Järjestelmän kannattavuuden kannalta olennainen osa on elinkaarikustannukset, kuten invertterien vaihdot sekä mahdolliset osien hajoamiset. Aurinkosähköjärjestelmät ovat ympäristöystävällinen energiantuotantomuoto, mutta toistaiseksi sillä ei voida korvata perinteisiä energiantuotantomuotoja, koska aurinkosähkön tuotanto ei ole tasaista. Hyötysuhteen kehittyminen ja hintojen aleneminen tulevaisuudessa parantaisivat aurinkosähkön osuutta sähköntuotannossa.

Aurinkosähköjärjestelmän rakentaminen vaatii tarkkaa suunnittelua, jotta järjestelmästä saadaan kaikki mahdollinen irti. Asennuspaikkaan on tutustuttava hyvin, jotta järjestelmä voidaan mitoittaa optimaalisesti. Oikein suunniteltuna, mitoitettuna ja erityisesti tulevan verotusmuutoksen takia järjestelmiä voidaan oikeissa olosuhteissa pitää kannattavina. Aurinkopaneelien hintakehitys Suomessa tulee mitä todennäköisimmin ratkaisemaan aurinkosähköjärjestelmien yleistymisen. Järjestelmien yleistyminen lisääisi kilpailua ja tiputtaisi todennäköisesti hintoja lähemmäs Saksan tasoa, mikä sekin parantaisi kannattavuutta. Tuleva veromuutos suurella todennäköisyydellä lisää suurempien järjestelmien määrää Suomessa.

Lähteet

- 1 Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko>. Luettu 22.3.2015
- 2 Aurinko energia. Bonsait.
<<http://suntekno.bonsait.fi/resources/public/tietopankki//aurinkoenergia.pdf>>. Luettu 6.2.2015.
- 3 Ilmatieteenlaitos säteilymäärät.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=59f4381f-541a-4c28-8b1a-8d7a7af90863&groupId=30106>. Luettu 15.3.2015.
- 4 Ilmatieteenlaitos säteilymäärät.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=4176d0bf-a3a8-471e-aa5e-4bf64c619795&groupId=30106>. Luettu 15.3.2015.
- 5 Bruno Erat, Vera Erkkilä, Christer Nyman, Kimmo Peippo, Seppo Peltola, Hannu Suokivi. 2008. Aurinko-opas, aurinkoenergiaa rakennuksiin. Porvoo: Painoyhtymä Oy
- 6 Solarpower. <<http://solarpowerisfun.weebly.com/>>. Luettu 24.2.2015.
- 7 Jani Holopainen. Kolmivaiheinen siniaaltoinvertteri
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/61345/Holopainen_Joni_2013_05_30.pdf?sequence=1>. Luettu 12.3.2015.
- 8 Ecopowersupplies.
<<http://www.ecopowersupplies.com/images/originals/0000/2159/SIRIOK100-GB.jpg>>. Luettu 19.2.2015.
- 9 Aurinkovoimalan julkisivuasennukset meneillään. LUT.
<http://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/id/358062>. Luettu 17.3.2015.
- 10 Aurinkovirta. Aurinkosähkövoimala.
<<http://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkosahkovoimala/>>. Luettu 28.2.2015.
- 11 Finnwind. Aurinkopaneelien asentaminen.
<<http://www.verkkokauppa.finnwind.fi/aurinkopaneelienasentaminen>>. Luettu 26.2.2015.
- 12 Napssystems Oy. <<http://www.napssystems.com/>>. Luettu 15.3.2015.

- 13 Wikman, Karin. Aurinkoenergian markkinat voimakkaassa kasvussa Era17 <<http://era17.fi/aurinkoenergian-kansainvaliset-markkinat-voimakkaassa-kasvussa-kartoitus-suomalaistahoista-valmistunut/>>. Luettu 28.3.2015.
- 14 Niskakangas, Lauri. Onko aurinkosähkö kannattavaa. <<http://www.enegia.com/fi/blogi/onko-aurinkosahko-kannattavaa/>>. Luettu 28.3.2015.
- 15 <<http://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-englisch/pdf-files-englisch/photovoltaics-report-slides.pdf>>. Luettu 1.3.2015.
- 16 Asiakasohje 21. Tulli. <http://www.tulli.fi/fi/suomen_tulli/julkaisut_ja_esitteet/asiakasohjeet/valmisteverotus/tiedostot/021.pdf>. Luettu 10.3.2015
- 17 Sähköntuotannon verovelvollisuuden muutokset 2015. Tulli. <http://www.tulli.fi/fi/tiedotteet/asiakastiedotteet/yritykset/as_tiedote_20150303_5/index.html?bc=8450>. Luettu 15.3.2015
- 18 HE 349/2014. Finlex. <<https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2014/20140349>>. Luettu 15.3.2015.
- 19 Reps Oy <<https://www.reps.fi/image/ws-shadow-si-hr.jpg>>. Luettu 14.3.2015.

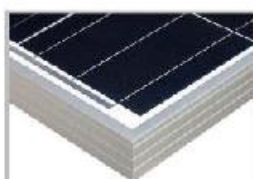
200 W aurinkopaneeli



IGNITE THE POWER OF NATURE

Polycrystalline Module
200Watt

SVVT



Benefits



Model(SL200TU-24P)Specifications

Electrical Data

Maximum Power(W)	200
Optimum Power Voltage(Vmp)	24.81
Optimum Operating Current(Imp)	8.06
Open Circuit Voltage(Voc)	29.59
Short Circuit Current(Isc)	8.63
Cell Efficiency(%)	17.46
Module Efficiency(%)	15.19
Tolerance Wattage(%)	0- +/-3%
NOCT	47°C +/-2°C

Temperature Coefficients

Temperature Coefficients of Isc(%)°C	+0.04
Temperature Coefficients of Voc(%)°C	-0.35
Temperature Coefficients of Pm(%)°C	-0.45
Temperature Coefficients of Im(%)°C	+0.04
Temperature Coefficients of Vm(%)°C	-0.35

Components & Mechanical Data

Solar Cell	156*156 Poly
Number of Cell(pcs)	6*8
Size of Module(mm)	1330*990*40
Front Glass Thickness(mm)	3.2
Surface Maximum Load Capacity	2400-5400Pa
Allowable Hail Load	23m/s, 7.53g
Weight Per Piece(KG)	16.4
Junction Box Type	Pass the TUV Certificate
Bypass Diode Rating(A)	12
Cable & Connector Type	Pass the TUV Certificate
Frame(Material Corners, etc.)	40#
Backing (Brand Type)	TPT
Temperature Range	-40°C to +85°C
FF (%)	70-76%
Standard Test Conditions	AM1.5 1000W/m ² 25°C

SVVT



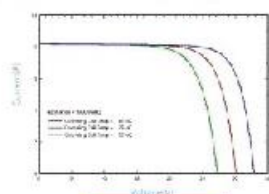


IGNITE THE POWER OF NATURE

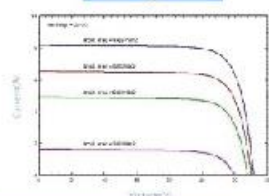
PolycrystallineModule
200Watt

SVVT

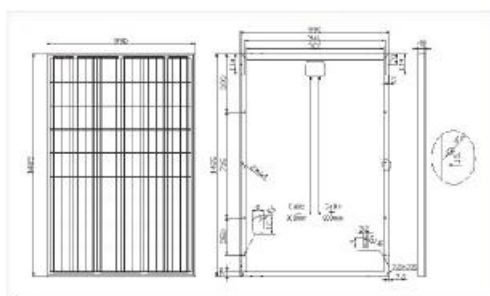
IV-Curves



IV-CURVES of PV module
SL01TU-24P



Engineering Drawings



Manufacturing facility certified to ISO 9001 / ISO 14001 /
OHSAS 18001 quality management system standards.
Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Warranty & Certifications

Warranty	25 years limited power warranty 10 years limited product warranty
Certifications	IEC 61215, IEC 61730

Packing

Packing	Wooden Box
1*20'	14Pallets/356pcs
1*40'HQ	30Pallets/900pcs

Applications

- On-grid residential roof-tops
- On-grid commercial/industrial roof-tops
- Solar power stations
- Other on-grid applications

Project Picture



Suomen Varavoiimatekniikka
48220 Kotka
041- 441 3774
riello@riello.fi



SVVT